Jurnal Biologi Tropis

Original Research Paper

Effect of Hot Water and Natural Plant Growth Regulators on Red Pomegranate Seed Viability

Rafli Hermansyah, Darul Zumani*, Abdul Hakim
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia;

Article History
Received : June 10th, 2026
Revised : July 10th, 2026
Accepted : October 28th, 2026

*Corresponding Author: **Darul Zumani,** Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia;
Email: darulzumani@unsil.ac.id

Abstract: Red pomegranate (*Punica granatum* L.) has high economic and medicinal value, but its propagation is often limited by seed dormancy caused by a hard seed coat, resulting in low viability and slow germination. This study aimed to evaluate the effect of combining hot water scarification and natural plant growth regulators (PGRs) on seed viability and to determine the most effective treatment. The experiment was conducted from January to February 2026 at the Laboratory and Greenhouse of BPTPH Region V Tasikmalaya using a Completely Randomized Design with seven treatments and four replications. Treatments included an untreated control, hot water soaking, 50% shallot extract soaking, 50% young coconut water soaking, and their combinations. Data were analyzed using analysis of variance followed by Duncan's Multiple Range Test at the 5% significance level. The combination of hot water scarification and 50% young coconut water soaking produced the best performance, resulting in the highest germination percentage (69%), germination rate (4.28% per day), plumule length (11.18 cm), and radicle length (40.33 cm). The improved viability was associated with enhanced water uptake following scarification and the stimulatory effects of auxins, cytokinins, and gibberellins in young coconut water. Therefore, combining hot water scarification with 50% young coconut water is an effective method for improving the viability of red pomegranate seeds.

Keywords: Dormancy; Natural plant growth regulators; Red pomegranate; Seed viability.

Pendahuluan

Delima merah (Punica granatum L.) adalah tanaman yang termasuk dalam keluarga *Lythraceae*, berasal dari kawasan Asia Tengah, termasuk Iran, Afghanistan, dan Pegunungan Himalaya. Dari wilayah tersebut, tanaman ini kemudian menyebar ke Asia Timur, seperti Cina, serta ke daerah Mediterania. Saat ini, delima telah banyak ditemukan di berbagai daerah tropis dan subtropik (Sudjijo, 2014**).** Delima merupakan salah satu tanaman obat yang sangat terkenal di berbagai sektor, selain menjadi tanaman obat, buah delima juga sering dikonsumsi karena rasanya yang manis. Kesadaran masyarakat tentang manfaat tanaman ini meningkat seiring dengan banyaknya penelitian yang menunjukkan khasiat senyawa kimia dalam berbagai jenis delima, terutama delima merah yang dikenal dengan rasa manis, biji merah cerah, dan daging buah yang berair (Oci & Dewi, 2014). Buah delima merah mengandung senyawa antioksidan yang berguna untuk menangkal radikal bebas pada tubuh, penelitian yang dilakukan oleh (Saragih *et al*., 2026) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan pada sari buah delima segar, menunjukkan nilai IC_{50} yakni 425 ppm.

Perbanyakan tanaman delima dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu secara generatif maupun vegetatif. Perbanyakan secara generatif umumnya digunakan dalam program pemuliaan tanaman untuk mendukung studi genetik yang bertujuan menghasilkan varietas baru dengan sifat-sifat unggul melalui proses penyerbukan silang. Secara umum, tantangan dalam budidaya delima merah terletak pada benihnya yang memiliki kulit biji yang sangat keras. Hal ini mengakibatkan kesulitan dalam perbanyakan secara generatif. Kulit benih yang memiliki struktur keras diduga menjadi penghambat keluarnya embrio selama proses perkecambahan sehingga menyebabkan benih mengalami dormansi. Selain itu, kekerasan kulit benih

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

© 2026 The Author(s). This article is open access

tersebut juga mengakibatkan proses perkecambahan benih delima memerlukan waktu yang relatif lebih lama (Ramadhani Syahri, Haryati, 2015).

Dormansi pada benih delima dapat menghambat proses perkecambahan meskipun benih ditanam pada kondisi lingkungan yang optimum. Benih delima pada umumnya mengalami dormansi fisik (*physical dormancy*) yang disebabkan oleh karakteristik kulit benih yang keras dan relatif tidak permeabel. Kondisi tersebut menghambat masuknya air dan oksigen ke dalam embrio sehingga proses perkecambahan menjadi terhambat. Kondisi tersebut menyebabkan proses imbibisi dan aktivitas metabolisme yang diperlukan untuk perkecambahan berlangsung lebih lambat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Olmez dan Temel (2007), Untuk mencapai persentase perkecambahan benih delima sebesar 8%, diperlukan waktu sekitar 71 hari. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kulit benih merupakan salah satu faktor utama yang membatasi proses perkecambahan.

Untuk mengatasi dormansi tersebut diperlukan perlakuan khusus agar permeabilitas kulit benih meningkat dan embrio mampu berkembang secara optimal. Salah satu metode yang umum digunakan adalah skarifikasi, baik melalui pelukaan mekanis maupun perendaman dalam air panas untuk melunakkan atau meretakkan kulit benih sehingga penyerapan air menjadi lebih mudah. Selain itu, pemanfaatan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami juga berpotensi mempercepat perkecambahan melalui stimulasi aktivitas fisiologis embrio. Namun, sebagian besar penelitian masih mengkaji efektivitas skarifikasi atau pemberian ZPT alami secara terpisah. Oleh karena itu, penelitian mengenai kombinasi perlakuan skarifikasi menggunakan air panas dan pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) alami masih perlu dilakukan untuk mengevaluasi potensi sinergis kedua perlakuan tersebut dalam mematahkan dormansi serta meningkatkan persentase dan kecepatan perkecambahan benih delima.

Skarifikasi merupakan teknik perlakuan benih yang bertujuan meningkatkan permeabilitas kulit benih sehingga memudahkan masuknya air dan unsur hara ke dalam benih. Teknik ini dapat dilakukan dengan berbagai metode, termasuk perendaman dalam air. Peningkatan permeabilitas kulit benih melalui skarifikasi diharapkan mampu mematahkan dormansi, mempercepat perkecambahan, serta meningkatkan keberhasilan pertumbuhan tanaman. (Dethana et al., 2020).

Pemilihan teknik skarifikasi yang sesuai memiliki potensi untuk mempercepat proses pertumbuhan benih. Salah satu metode skarifikasi yang dinilai efektif adalah melakukan pemotongan pada kulit benih, kemudian dilanjutkan dengan perendaman dalam air panas bersuhu 50°C selama 10 menit (Bachtiar, 2017). Durasi perendaman yang berlebihan berpotensi menurunkan daya kecambah benih akibat berkurangnya ketersediaan oksigen, sehingga proses perkecambahan menjadi terhambat. (Hidayat RS & Marjani, 2018).

Perendaman benih pada suhu 50°C dilakukan untuk meningkatkan permeabilitas kulit benih melalui pelunakan jaringan kulit. Perlakuan tersebut dapat menguraikan senyawa tanin dan lignin pada kulit benih sehingga mempermudah proses imbibisi dan penyerapan air oleh benih (Melasari et al., 2018). Masuknya air ke dalam benih meningkatkan tekanan internal yang dapat memicu terbentuknya retakan pada kulit benih. Retakan tersebut berperan dalam meningkatkan permeabilitas kulit benih sehingga proses penyerapan air selama perkecambahan berlangsung lebih efektif.

Perendaman benih dalam air panas merupakan salah satu perlakuan yang bertujuan melunakkan kulit benih agar proses imbibisi berlangsung lebih optimal. Di samping itu, terdapat perlakuan lain yang juga diperlukan untuk meningkatkan potensi perkecambahan benih. Perendaman benih dalam zat pengatur tumbuh (ZPT) alami merupakan salah satu perlakuan yang dapat meningkatkan potensi perkecambahan. ZPT alami bekerja dengan menstimulasi proses fisiologis benih, termasuk mengaktifkan enzim yang menghidrolisis cadangan makanan, sehingga tersedia energi yang cukup untuk mendukung pertumbuhan embrio selama proses perkecambahan.

Salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan benih dalam berkecambah adalah melalui perendaman menggunakan zat pengatur tumbuh (ZPT). Perlakuan ini bertujuan untuk meningkatkan persentase perkecambahan dengan merangsang aktivitas hormon pertumbuhan yang berperan dalam mendukung proses perkembangan embrio dan pertumbuhan tanaman. Menurut Marfirani *et al.,* (2014), umbi bawang merah mengandung zat pengatur tumbuh alami berupa hormon auksin dan giberelin. Sementara itu, Putri (2020) menyatakan bahwa air kelapa merupakan sumber ZPT alami yang

mengandung berbagai hormon, seperti sitokinin, auksin, dan giberelin, serta senyawa lain yang berperan dalam merangsang proses perkecambahan dan pertumbuhan benih. Selain mengandung hormon pertumbuhan, air kelapa juga kaya akan unsur hara, seperti kalsium (Ca), natrium (Na), magnesium (Mg), besi (Fe), tembaga (Cu), dan sulfur (S), serta mengandung gula dan protein yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengkaji pengaruh kombinasi perlakuan perendaman benih dalam air panas dan pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) alami terhadap viabilitas benih delima. Penelitian ini membandingkan berbagai kombinasi perlakuan tersebut guna memperoleh perlakuan yang paling efektif dalam mematahkan dormansi serta meningkatkan viabilitas benih. Evaluasi viabilitas benih dilakukan berdasarkan beberapa parameter, meliputi daya kecambah, kecepatan berkecambah, panjang plumula, panjang radikula, dan bobot kering kecambah. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai metode pematahan dormansi yang efektif serta menjadi dasar dalam pengembangan teknik perbanyakan tanaman delima melalui benih untuk mendukung penyediaan bibit delima yang berkualitas.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) karena seluruh unit percobaan memiliki kondisi lingkungan yang relatif homogen, sehingga setiap unit percobaan mempunyai peluang yang sama untuk menerima setiap perlakuan. Penelitian ini melibatkan satu faktor, yaitu metode pematahan dormansi benih, yang terdiri atas tujuh taraf, yaitu: A = tanpa perendaman (kontrol), B = perendaman dalam air panas bersuhu 50°C, C = perendaman dalam ekstrak bawang merah berkonsentrasi 50%, D = perendaman dalam air kelapa muda berkonsentrasi 50%, E = perendaman dalam air panas bersuhu 50°C yang diikuti dengan ekstrak bawang merah berkonsentrasi 50%, F = perendaman dalam air panas bersuhu 50°C yang diikuti dengan air kelapa muda berkonsentrasi 50%, dan G = perendaman dalam air panas bersuhu 50°C yang selanjutnya diikuti dengan ekstrak bawang merah berkonsentrasi 50% serta air kelapa muda berkonsentrasi 50%. Pada perlakuan kombinasi, benih terlebih dahulu direndam dalam air panas, kemudian dilanjutkan dengan perendaman dalam larutan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami sesuai dengan kombinasi yang telah ditetapkan.

Setiap taraf perlakuan dilakukan sebanyak empat ulangan, sehingga jumlah keseluruhan unit percobaan adalah 28. Setiap unit percobaan terdiri atas 50 benih, sehingga total benih yang digunakan sebanyak 1400 benih. Bahan penelitian berupa benih delima merah yang diperoleh dari Kabupaten Situbondo, Jawa Timur, dipilih dengan ukuran yang seragam untuk menjamin keseragaman bahan percobaan.

Penelitian ini menggunakan berbagai peralatan, antara lain bak kecambah berukuran 35 cm × 20 cm × 7 cm, pisau, ember, kertas label, kain penyaring, baki plastik, blender, *hand sprayer*, termometer-higrometer digital dengan ketelitian suhu 0,5°C dan kelembapan 2%, timbangan digital, sekop, alat tulis, serta perlengkapan pendukung lainnya. Dalam penelitian ini bahan yang diperlukan meliputi biji delima yang didapatkan dari kampung Merak Kabupaten Situbondo, umbi bawang merah, air kelapa muda, pasir kasar, pupuk kandang matang, tanah subur, air biasa, serta akuades (air suling) sebagai pelarut.

Pengamatan penunjang

Pengamatan penunjang dalam penelitian ini mencakup pengukuran suhu dan kelembapan udara sebagai faktor lingkungan yang memengaruhi perkecambahan. Pengukuran dilakukan setiap hari pada pagi dan sore hari menggunakan termohigrometer selama masa penelitian. Selain itu, dilakukan identifikasi terhadap organisme pengganggu tanaman (OPT) yang muncul dan berpotensi memengaruhi pertumbuhan benih atau kecambah selama percobaan berlangsung.

Pengamatan utama

Data utama yang dianalisis secara statistik diperoleh dari pengamatan terhadap beberapa parameter, yaitu daya kecambah, kecepatan berkecambah, panjang plumula, panjang radikula, bobot kering kecambah, dan indeks vigor.

Daya kecambah (%)

Penentuan jumlah kecambah normal dilakukan selama periode pengamatan selama 12 hari dengan menerapkan rumus :

DK=$\frac{jumlah\ kecambah\ normal\ yang\ dihasilkan}{jumlah\ benih\ yang\ dikecambahkan}$x100%

Kecepatan berkecambah

Kecepatan perkecambahan dihitung berdasarkan jumlah benih yang berkecambah pada setiap waktu pengamatan. Pengamatan terhadap parameter ini dilakukan setiap hari pada benih delima merah selama masa penelitian. Uji daya kecambah dihitung menggunakan rumus :

Kecepatan berkecambah= $Kct = \sum_{i=1}^{n} \frac{(KN)i}{Wi}$

Keterangan :
Kct = kecepatan berkecambah; i = hari pengamatan; KNi = kecambah normal pada hari ke-i (%); Wi = Waktu (etmal) pada hari ke-i.

Hari mulai berkecambah didefinisikan sebagai rata-rata waktu munculnya kecambah normal pada benih. Adapun lama perkecambahan merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan sejak kemunculan kecambah normal hingga pengamatan selesai dilakukan.

Panjang Plumula (cm)

Pengukuran panjang plumula dilakukan menggunakan penggaris dengan mengukur jarak dari pangkal batang sampai titik tumbuh. Pengamatan dilaksanakan pada saat kecambah berumur 12 hari atau pada akhir masa pengamatan. Pengukuran dilakukan terhadap 10 sampel kecambah pada setiap perlakuan.

Panjang radikula (cm)

Panjang radikula diukur pada kecambah yang telah ditentukan sebagai sampel. Sebelum pengukuran, radikula dibersihkan dari sisa media tanam dengan air mengalir, kemudian dikeringanginkan. Selanjutnya, panjang radikula diukur dari pangkal batang hingga ujung akar terpanjang menggunakan penggaris. Pengukuran dilakukan pada akhir masa pengamatan terhadap 10 sampel kecambah.

Bobot kering kecambah (g)

Bobot kering kecambah merupakan parameter viabilitas potensial yang menunjukkan besarnya cadangan makanan dalam benih yang dimanfaatkan selama proses perkecambahan. Kondisi lingkungan yang optimal memungkinkan kecambah tumbuh dan berkembang dengan baik. Tingginya bobot kering kecambah mengindikasikan bahwa cadangan makanan dalam benih dimanfaatkan secara efisien untuk mendukung proses perkecambahan dan pertumbuhan awal. Pengukuran bobot kering dilakukan pada hari ke-12 setelah perkecambahan atau pada akhir masa pengamatan.

Pengukuran bobot kering kecambah dilakukan dengan mengambil seluruh bagian dari 10 kecambah yang telah ditetapkan sebagai sampel. Kecambah terlebih dahulu dibersihkan dari sisa media tanam, kemudian dikeringanginkan sebelum dikeringkan di dalam oven pada suhu 50°C selama 2 × 24 jam. Setelah mencapai kondisi kering, sampel ditimbang menggunakan timbangan analitik hingga diperoleh bobot yang konstan.
(Elfianis et al., 2023).

Indeks vigor (%)

Vigor benih merupakan indikator yang menunjukkan kemampuan benih untuk menghasilkan kecambah secara cepat, normal, dan seragam. Nilai indeks vigor ditentukan berdasarkan rumus berikut (Sekoh, Tumbelaka, dan Lumingkewas 2021):

$$(IV)\% = \frac{\sum benih\ yang\ berkecambah}{\sum benih\ yang\ diuji} x100\%$$

Pengukuran parameter indeks vigor dilaksanakan pada hari ke-10 setelah dimulainya periode pengamatan.

Analisis data

Data yang diperoleh dari pengujian viabilitas benih dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%. Jika hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata, pengujian dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*/DMRT) pada taraf nyata 5% untuk membandingkan perbedaan antarperlakuan. Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics.

Pelaksanaan Percobaan

Perendaman benih dalam air panas

Benih delima merah yang telah dibersihkan selanjutnya dilakukan skarifikasi dengan cara direndam pada air panas dengan suhu 50˚C selama 10 menit.

Pembuatan ekstrak bawang merah

Pembuatan ekstrak bawang merah mengacu pada metode yang dideskripsikan oleh Tarigan, Nurbaiti, dan Yoseva (2017). Sebanyak

1 kg bawang merah disiapkan, kemudian dikupas untuk menghilangkan kulit bagian luar. Selanjutnya, bawang merah dipotong menjadi bagian-bagian kecil agar proses penghalusan lebih mudah. Potongan bawang merah dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih dari getah dan kotoran yang menempel, kemudian dihaluskan secara bertahap menggunakan blender. Setelah halus, ditambahkan 500 mL akuades, kemudian campuran ditempatkan dalam wadah tertutup dan disimpan selama kurang lebih tiga hari hingga terbentuk ekstrak. Setelah masa penyimpanan selesai, ekstrak disaring untuk memisahkan ampas bawang merah. Larutan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami yang digunakan untuk perendaman benih dibuat dengan mencampurkan 100 mL ekstrak bawang merah dan 100 mL akuades sehingga diperoleh konsentrasi 50%.

Pembuatan ekstrak air kelapa muda

Pembuatan ekstrak air kelapa muda mengacu pada metode yang dideskripsikan oleh Devitriano dan Syarifuddin (2021). Sebanyak lima buah kelapa muda disiapkan, kemudian dibelah untuk diambil airnya. Air kelapa yang diperoleh ditampung dalam wadah, selanjutnya ditambahkan 500 mL akuades dan diaduk hingga homogen. Larutan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami yang digunakan untuk perendaman benih dibuat dengan mencampurkan 100 mL air kelapa muda dan 100 mL akuades sehingga diperoleh konsentrasi 50%.

Perendaman benih dalam ekstrak

Perendaman benih delima merah dilakukan menggunakan larutan ekstrak bawang merah dan ekstrak air kelapa muda berkonsentrasi 50% dengan volume 200 mL (100 mL ekstrak dan 100 mL akuades) selama 24 jam dalam wadah plastik. Selanjutnya, benih ditiriskan dan dikeringanginkan sebelum dilakukan penanaman.

Penanaman benih

Baki plastik digunakan sebagai wadah perkecambahan benih delima merah. Media tanam untuk pengujian viabilitas berupa campuran tanah lapisan atas (*topsoil*) dan kotoran kambing dengan perbandingan 1:1. Setelah memperoleh perlakuan, benih delima merah disemai pada baki perkecambahan berukuran 35 cm × 27 cm yang berisi media tanam berupa campuran tanah dan kompos. Masing-masing perlakuan terdiri atas 50 benih yang ditanam pada kedalaman 2 cm dengan posisi horizontal dan disusun secara teratur dalam barisan. Pengamatan terhadap perkecambahan dilakukan selama 12 hari.

Pemeliharaan

Pemeliharaan benih selama penelitian meliputi penyiraman secara rutin pada pagi dan sore hari untuk menjaga kelembapan media tanam serta penyiangan gulma secara manual pada media persemaian guna mendukung pertumbuhan benih yang optimal.

Hasil dan pembahasan

Suhu dan kelembaban udara

Berdasarkan hasil pengamatan selama percobaan berlangsung, suhu udara harian rata-rata dalam *greenhouse* adalah 29,98°C dengan kelembaban udara relatif sebesar 72,36%. Suhu dan kelembapan udara pada penelitian ini sesuai dengan syarat tumbuh untuk benih delima merah yaitu menurut Wuryanti (2020) berkisar antara 25°C sampai 30°C untuk suhu udara dan untuk kelembapan 70% sampai 90%.

Organisme pengganggu tanaman

Pada pengamatan penunjang organisme pengganggu tanaman (OPT), tidak terdapat serangan hama maupun penyakit yang menyerang. Hal ini terjadi karena lingkungan *green house* yang relatif steril dan tertutup sedangkan untuk gulma yang mulai tumbuh pada baki percobaan adalah gulma rerumputan dan gulma berdaun lebar, dimana pengendalian yang dilakukan adalah secara mekanik yaitu mencabut gulma hingga akarnya.

Daya berkecambah (%)

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA), kombinasi perlakuan perendaman dalam air panas dan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami memberikan pengaruh yang nyata terhadap daya kecambah benih delima merah. Hasil uji lanjut pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan perendaman dalam air panas dan ekstrak air kelapa muda 50% memberikan daya kecambah yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan perendaman air panas, ekstrak bawang merah 50%, maupun kombinasi air panas, ekstrak bawang merah 50%, dan ekstrak air kelapa muda 50%. Perlakuan tersebut menghasilkan persentase daya kecambah sebesar 69%.

Fenomena tersebut diduga terjadi karena kombinasi perendaman dalam air panas dan pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) alami menghasilkan efek sinergis dalam meningkatkan proses perkecambahan benih. Perendaman dalam air memicu proses imbibisi, yaitu mekanisme penyerapan air oleh benih yang meningkatkan kadar air di dalam jaringan benih. Proses ini berperan dalam melunakkan kulit benih sekaligus mengaktifkan pertumbuhan embrio dan endosperma. Selama perendaman, air yang masuk ke dalam benih menyebabkan benih mengembang sehingga kulit benih (*testa*) mengalami retakan atau pecah, yang selanjutnya mempermudah proses perkecambahan (Idrus dan Sa`diyatul 2021).

Hidayatulah *et al.,* (2019) menyatakan bahwa perendaman benih dalam air pada suhu tertentu mampu merangsang proses imbibisi, yaitu mekanisme penyerapan air secara pasif melalui pori-pori jaringan benih yang dipengaruhi oleh sifat higroskopis senyawa selulosa. Masuknya air ke dalam benih selama proses tersebut meningkatkan permeabilitas kulit benih sehingga mendukung berlangsungnya perkecambahan. Menurut Kumar *et al.,* (2012), perendaman benih dalam air hangat pada suhu sedang dapat mengaktifkan enzim hidrolitik, terutama amilase, sehingga proses pemecahan dan mobilisasi cadangan makanan berlangsung lebih efektif selama perkecambahan.

Aplikasi ekstrak air kelapa muda diduga meningkatkan ketersediaan hormon tumbuh eksogen yang berperan dalam mengoptimalkan proses perkecambahan benih. Sukanto (2025) melaporkan bahwa air kelapa muda mengandung fitohormon berupa auksin, sitokinin, dan giberelin yang berfungsi mendukung pematahan dormansi, menstimulasi pembelahan sel, meningkatkan proses imbibisi, serta mempercepat mobilisasi cadangan makanan sebagai sumber energi bagi perkembangan embrio.

Pemberian air kelapa muda dengan konsentrasi 50% mampu meningkatkan daya kecambah benih delima merah. Peningkatan tersebut diduga berkaitan dengan kandungan fitohormon dalam air kelapa muda yang mampu merangsang aktivitas metabolisme benih, sehingga proses pertumbuhan dan perkecambahan berlangsung lebih optimal. Menurut Aisyah *et al.,* (2020), peningkatan aktivitas metabolisme benih ditunjukkan oleh meningkatnya aktivitas enzim amilase. Enzim ini berperan dalam menghidrolisis pati menjadi gula sederhana yang kemudian dimanfaatkan oleh embrio sebagai sumber energi untuk mendukung pertumbuhan dan merangsang proses perkecambahan. Selain itu, kandungan giberelin dan sitokinin dalam air kelapa muda berfungsi menstimulasi pembelahan dan pertumbuhan sel sehingga mendukung terbentuknya kecambah yang normal. Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Yunefi, Yusuf, dan Rafli (2024), yang menyatakan bahwa pemberian ekstrak air kelapa muda pada konsentrasi 50% efektif dalam meningkatkan daya kecambah benih kacang panjang.

Tabel 1. Pengaruh kombinasi perendaman dalam air panas dan ekstrak zat pengatur tumbuh alami terhadap daya kecambah benih delima merah

Perlakuan	Daya kecambah (%)
A = Tanpa perendaman (kontrol)	22 a
B = Perendaman air panas 50˚C	46 bc
C = Perendaman ekstrak bawang merah 50%	43 bc
D = Perendaman ekstrak air kelapa muda 50%	31 ab
E = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak bawang merah 50%	28 ab
F = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak air kelapa muda 50%	69 c
G = Perendaman air panas 50˚C + perendaman ekstrak bawang merah 50% + ekstrak air kelapa muda 50%	42 bc

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 2. Pengaruh kombinasi perendaman dalam air panas dan ekstrak zat pengatur tumbuh alami terhadap kecepatan berkecambah benih delima merah.

Perlakuan	Kecepatan berkecambah (%etmal^{-1})
A = Tanpa perendaman (kontrol)	0,67 a
B = Perendaman air panas 50˚C	1,66 ab
C = Perendaman ekstrak bawang merah 50%	1,15 ab
D = Perendaman ekstrak air kelapa muda 50%	2,16 b

E = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak bawang merah 50%	0,78 ab
F = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak air kelapa muda 50%	4,28 c
G = Perendaman air panas 50˚C + perendaman ekstrak bawang merah 50% + ekstrak air kelapa muda 50%	1,21 ab

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 3. Pengaruh kombinasi perendaman dalam air panas dan ekstrak zat pengatur tumbuh alami terhadap panjang plumula benih delima merah.

Perlakuan	Panjang plumula (cm)
A = Tanpa perendaman (kontrol)	3,43 a
B = Perendaman air panas 50˚C	9,35 bc
C = Perendaman ekstrak bawang merah 50%	8,80 b
D = Perendaman ekstrak air kelapa muda 50%	10,13 bc
E = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak bawang merah 50%	9,70 bc
F = Perendaman air panas 50˚C + esktrak air kelapa muda 50%	11,18 c
G = Perendaman air panas 50˚C + perendaman ekstrak bawang merah 50% + ekstrak air kelapa muda 50%	9,25 bc

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 4. Pengaruh kombinasi perendaman dalam air panas dan ekstrak zat pengatur tumbuh alami terhadap panjang radikula benih delima merah.

Perlakuan	Panjang radikula (cm)
A = Tanpa perendaman (kontrol)	10,80 a
B = Perendaman air panas 50˚C	36,40 b
C = Perendaman ekstrak bawang merah 50%	37,25 b
D = Perendaman ekstrak air kelapa muda 50%	38,83 b
E = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak bawang merah 50%	39,90 b
F = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak air kelapa muda 50%	40,33 b
G = Perendaman air panas 50˚C + perendaman ekstrak bawang merah 50% + ekstrak air kelapa muda 50%	39,35 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 5. Pengaruh kombinasi perendaman dalam air panas dan ekstrak zat pengatur tumbuh alami terhadap bobot kering kecambah delima merah.

Perlakuan	Bobot kering (g)
A = Tanpa perendaman (kontrol)	0,045 a
B = Perendaman air panas 50˚C	0,089 b
C = Perendaman ekstrak bawang merah 50%	0,094 b
D = Perendaman ekstrak air kelapa muda 50 %	0,094 b
E = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak bawang merah 50%	0,099 b
F = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak air kelapa muda 50%	0,103 b
G = Perendaman air panas 50˚C + perendaman ekstrak bawang merah 50% + ekstrak air kelapa muda 50%	0,091 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 6. Pengaruh kombinasi perendaman dalam air panas dan ekstrak zat pengatur tumbuh alami terhadap indeks vigor benih delima merah

Perlakuan	Indeks vigor (%)
A = Tanpa perendaman (kontrol)	13 a
B = Perendaman air panas 50˚C	40 b
C = Perendaman ekstrak bawang merah 50%	22 a
D = Perendaman ekstrak air kelapa muda 50 %	18 a
E = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak bawang merah 50%	15 a
F = Perendaman air panas 50˚C + ekstrak air kelapa muda 50%	56 b

G = Perendaman air panas 50˚C + perendaman ekstrak bawang merah 50% + ekstrak air kelapa muda 50%	21 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Kecepatan berkecambah (%etmall)

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA), kombinasi perlakuan perendaman dalam air panas dan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami berpengaruh nyata terhadap kecepatan berkecambah benih delima merah. Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi perendaman dalam air panas bersuhu 50°C dan ekstrak air kelapa muda berkonsentrasi 50% memberikan respons terbaik dibandingkan perlakuan lainnya, dengan nilai kecepatan berkecambah mencapai 4,28 etmal^{-1}.

Hasil yang diperoleh pada parameter kecepatan berkecambah menunjukkan kecenderungan yang sama dengan parameter daya kecambah, yaitu perlakuan kombinasi perendaman dalam air panas bersuhu 50°C dan ekstrak air kelapa muda berkonsentrasi 50% memberikan respons terbaik. Kondisi ini diduga terjadi karena perlakuan air panas mampu melunakkan kulit benih, sehingga meningkatkan permeabilitas kulit benih dan mempermudah proses imbibisi sebagai tahap awal perkecambahan.

Selama proses perkecambahan, ketersediaan air dan oksigen memicu peningkatan aktivitas respirasi pada benih. Proses respirasi ini berlangsung secara berkelanjutan sepanjang masa hidup benih, khususnya pada fase perkecambahan. Seiring dengan meningkatnya laju respirasi, terjadi pula peningkatan konsumsi oksigen yang diikuti dengan pelepasan karbon dioksida serta produksi energi. Energi yang dihasilkan melalui proses respirasi selanjutnya dimanfaatkan untuk mensintesis senyawa-senyawa kompleks yang diperlukan serta mendukung pertumbuhan benih (Irpandi *et al.,* 2020).

Kombinasi perlakuan perendaman dalam air panas dan pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) alami diduga mampu meningkatkan keberhasilan perkecambahan benih karena tidak hanya mengatasi hambatan fisik yang disebabkan oleh kulit benih, tetapi juga menstimulasi aktivitas fisiologis embrio. Salah satu sumber ZPT alami yang berpotensi mendukung proses tersebut adalah air kelapa muda. Air kelapa muda mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti hormon auksin dan sitokinin, serta vitamin dan mineral esensial, termasuk vitamin B kompleks, vitamin C, kalium, magnesium, fosfor, dan kalsium. Kandungan tersebut berperan dalam mendukung berbagai proses metabolisme yang diperlukan selama perkecambahan. Auksin berfungsi merangsang pemanjangan sel dan diferensiasi jaringan sehingga mempercepat pembentukan akar dan tunas pada fase awal perkecambahan. Di sisi lain, sitokinin berperan dalam menstimulasi pembelahan sel yang mendukung perkembangan embrio serta membantu mempertahankan viabilitas benih selama proses perkecambahan (Nova *et al.*, 2017).

Meskipun secara teoritis kombinasi beberapa ZPT alami diharapkan mampu meningkatkan respons perkecambahan, hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan G (perendaman air panas + ekstrak bawang merah + air kelapa muda) tidak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan F (perendaman air panas + air kelapa muda). Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan dua jenis ZPT alami secara bersamaan tidak selalu menghasilkan efek sinergis. Kondisi tersebut diduga disebabkan oleh ketidakseimbangan hormon yang memengaruhi respons fisiologis benih sehingga proses perkecambahan tidak berlangsung secara optimal. Selain itu, kombinasi kedua ZPT alami berpotensi meningkatkan konsentrasi zat terlarut di sekitar benih yang menyebabkan tekanan osmotik larutan menjadi lebih tinggi.

Peningkatan tekanan osmotik tersebut dapat menghambat proses imbibisi, yaitu tahap awal perkecambahan yang ditandai dengan penyerapan air oleh benih. Di samping itu, beberapa senyawa organik yang terkandung dalam ekstrak bawang merah maupun air kelapa muda berpotensi bersifat menghambat apabila diberikan dalam konsentrasi yang terlalu tinggi, sehingga efektivitas perlakuan terhadap perkecambahan benih menjadi menurun. Oleh karena itu, keberhasilan aplikasi ZPT alami tidak hanya dipengaruhi oleh jenis ZPT yang digunakan, tetapi juga oleh konsentrasi serta keseimbangan senyawa aktif yang diberikan kepada benih.

Panjang plumula (cm)

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA), kombinasi perlakuan perendaman dalam air panas dan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang plumula kecambah delima merah. Tabel 3 menunjukkan bahwa kombinasi perendaman dalam air panas dan ekstrak air kelapa muda berkonsentrasi 50% menghasilkan panjang plumula sebesar 11,18 cm, yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan ekstrak bawang merah 50%, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Peningkatan panjang plumula diduga berkaitan dengan tingginya daya kecambah yang dihasilkan oleh kombinasi perlakuan perendaman dalam air panas dan ekstrak air kelapa muda berkonsentrasi 50%. Daya kecambah yang tinggi mencerminkan kondisi fisiologis benih yang baik, sehingga proses metabolisme dan mobilisasi cadangan makanan berlangsung lebih efisien. Cadangan makanan yang diuraikan kemudian menyediakan energi yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan embrio, termasuk perkembangan plumula sebagai bakal batang dan daun pertama. Di samping itu, aktivitas hormon auksin dan giberelin berkontribusi dalam merangsang pembelahan serta pemanjangan sel, sehingga pertumbuhan plumula menjadi lebih optimal.

Temuan dalam penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Octaviani *et al.,* (2024), yang menunjukkan bahwa perendaman benih asam jawa dalam air panas menghasilkan panjang plumula sebesar 14,20 cm. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa perlakuan air panas berperan dalam memperbaiki proses perkecambahan dan pertumbuhan awal kecambah. Secara fisiologis, air panas dapat melunakkan lapisan kulit benih (*seed coat*), sehingga meningkatkan permeabilitas kulit benih terhadap air dan mempercepat proses imbibisi. Kondisi ini mendukung aktivasi enzim-enzim metabolisme yang berperan dalam mobilisasi cadangan makanan. Di samping itu, perlakuan air panas diduga dapat menurunkan aktivitas senyawa penghambat pertumbuhan di dalam benih, sehingga dormansi dapat dipatahkan secara lebih efektif.

Pemberian kombinasi perlakuan air panas dan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami berupa air kelapa muda memberikan kecenderungan meningkatkan panjang plumula benih delima merah. Respons tersebut diduga dipengaruhi oleh kandungan fitohormon dan nutrisi yang terdapat dalam air kelapa muda, yang berperan dalam mendukung pembelahan, pemanjangan sel, serta pertumbuhan awal kecambah. Hasil ini didukung oleh penelitian Anliana *et al.,* (2024), yang menyatakan bahwa air kelapa mengandung gula, mineral, dan hormon pertumbuhan yang mampu meningkatkan perkembangan sistem akar dan tunas pada tanaman jagung.

Hasil penelitian Ernawati, Rahardjo, dan Bejo (2017) mendukung peran air kelapa muda sebagai sumber ZPT alami, khususnya melalui kandungan IAA (Indole-3-Acetic Acid) yang mampu menstimulasi pertumbuhan tanaman cabai merah. Konsentrasi air kelapa muda 50% memberikan respons pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih optimal dibandingkan perlakuan lainnya. IAA berperan dalam mengaktifkan proses fisiologis tanaman melalui peningkatan sintesis protein seluler yang mendukung pembelahan dan pemanjangan sel. Aktivitas tersebut selanjutnya berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan vegetatif, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa tanaman (Srimaulinda, Nurtjahja, dan Riyanto, 2021).

Panjang radikula (cm)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan perendaman air panas dan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami berpengaruh terhadap panjang radikula kecambah delima merah. Berdasarkan Tabel 4, perlakuan kombinasi perendaman air panas bersuhu 50°C dan ekstrak air kelapa muda berkonsentrasi 50% memberikan panjang radikula tertinggi, yaitu 40,33 cm, serta berbeda nyata dibandingkan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Respons tersebut diduga berkaitan dengan tingginya daya kecambah yang dihasilkan oleh perlakuan tersebut. Daya kecambah yang tinggi mencerminkan kemampuan embrio dalam menjalankan proses metabolisme dan perkecambahan secara optimal, sehingga pembentukan radikula sebagai organ pertama yang berkembang dapat berlangsung dengan baik. Perkembangan radikula yang optimal mendukung fungsi awal tanaman dalam menyerap air dan unsur hara dari lingkungan tumbuh untuk menunjang pertumbuhan kecambah selanjutnya.

Radikula merupakan organ embrio yang muncul pertama kali pada tahap awal perkecambahan dan berperan sebagai bakal akar tanaman. Perkembangan awal radikula bergantung pada pemanfaatan cadangan

makanan yang terdapat dalam endosperma dan kotiledon sebagai sumber energi serta bahan penyusun untuk pertumbuhan. Penerapan kombinasi skarifikasi air panas dengan perendaman menggunakan ZPT alami berupa air kelapa muda berpotensi meningkatkan pertumbuhan panjang radikula benih delima merah. Efek tersebut diduga dipengaruhi oleh kandungan fitohormon dalam air kelapa muda, seperti auksin dan sitokinin, yang mampu menstimulasi proses pembelahan serta pemanjangan sel selama pertumbuhan awal kecambah.

Pernyataan ini diperkuat oleh penelitian Anliana *et al.,* (2024), yang melaporkan bahwa air kelapa berperan sebagai sumber nutrisi dan ZPT alami karena mengandung gula, mineral, serta berbagai fitohormon. Kandungan tersebut bekerja secara sinergis dalam mendukung perkembangan akar dan tunas tanaman jagung. Selain itu, keberadaan auksin berupa asam indole-3-asetat (IAA), sitokinin, dan giberelin dalam air kelapa berperan dalam mengatur aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada proses pembelahan sel, pemanjangan sel, dan diferensiasi jaringan.

Bobot kering kecambah (g)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kombinasi perendaman air panas dan zat pengatur tumbuh (ZPT) alami berpengaruh terhadap bobot kering kecambah delima merah. Berdasarkan Tabel 5, perlakuan kombinasi perendaman air panas bersuhu 50°C dan ekstrak air kelapa muda berkonsentrasi 50% memberikan nilai bobot kering kecambah tertinggi sebesar 0,103 g. Perlakuan tersebut berbeda nyata dengan kontrol, namun tidak menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan perlakuan lainnya.

Peningkatan bobot kering kecambah diduga berkaitan dengan tingginya daya kecambah yang dihasilkan oleh perlakuan perendaman air panas dan ekstrak air kelapa muda 50%. Benih dengan viabilitas tinggi mampu melakukan mobilisasi cadangan makanan secara lebih efektif untuk memenuhi kebutuhan energi selama proses perkecambahan. Hasil metabolisme cadangan makanan tersebut digunakan dalam pembentukan jaringan baru, terutama pada perkembangan radikula dan plumula, sehingga meningkatkan akumulasi biomassa kecambah yang tercermin melalui nilai bobot kering.

Penerapan kombinasi perendaman menggunakan air panas dan ekstrak air kelapa muda 50% sebagai sumber ZPT alami berpotensi memberikan hasil yang lebih optimal terhadap bobot kering kecambah delima merah. Hal tersebut diduga terjadi karena adanya interaksi positif antara perlakuan skarifikasi air panas dan kandungan senyawa bioaktif dalam air kelapa muda yang saling mendukung dalam meningkatkan pertumbuhan kecambah.

Mulyani dan Setiawan (2019) menyatakan bahwa air kelapa berpotensi meningkatkan pertumbuhan tanaman karena mengandung berbagai ZPT alami, termasuk auksin, sitokinin, dan giberelin, yang berperan dalam mempercepat proses perkecambahan dan perkembangan tanaman. Hal ini didukung oleh Darlina dkk. (2016), yang menyebutkan bahwa auksin dan sitokinin memiliki fungsi penting dalam regulasi pembelahan dan perkembangan sel. Auksin berperan dalam menstimulasi pembelahan serta pemanjangan sel, sehingga mendukung pembentukan tunas, pemanjangan batang, dan perkembangan sistem perakaran tanaman.

Menurut Adelina (2019), bobot kering kecambah normal dapat digunakan sebagai parameter viabilitas potensial karena menggambarkan kemampuan benih dalam memanfaatkan cadangan makanan yang tersimpan untuk mendukung pertumbuhan kecambah. Benih dengan tingkat viabilitas tinggi memiliki kemampuan metabolisme yang lebih baik, sehingga proses sintesis dan transfer material hasil metabolisme menuju jaringan yang sedang berkembang dapat berlangsung secara efisien. Kondisi tersebut menyebabkan terbentuknya biomassa kecambah yang lebih besar dan tercermin melalui peningkatan bobot kering kecambah.

Indeks vigor (IV)

Indeks vigor digunakan sebagai indikator untuk mengetahui kemampuan benih dalam tumbuh secara cepat, seragam, dan normal selama proses perkecambahan (Harsono *et al*., 2021). Wijayanto *et al.,* (2022) menjelaskan bahwa vigor benih dipengaruhi oleh rangkaian faktor yang terjadi sejak pembentukan benih pada tanaman induk hingga tahap sebelum penanaman, termasuk proses pemanenan, pengolahan, penyimpanan, dan transportasi. Penerapan kombinasi skarifikasi air panas dan perendaman menggunakan ekstrak air kelapa muda 50% sebagai sumber ZPT alami berpotensi memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan indeks vigor kecambah delima

merah melalui perbaikan kondisi fisiologis benih dan stimulasi proses pertumbuhan awal.

Perendaman benih menggunakan air panas bertujuan untuk memperbaiki kondisi fisik kulit benih dengan cara melunakkan strukturnya, sehingga proses masuknya air ke dalam benih menjadi lebih mudah serta mendukung perkembangan embrio dan endosperma. Selama proses perendaman, air yang terserap ke dalam benih menyebabkan peningkatan kadar air dan pembengkakan jaringan benih. Hidayatulah *et al.,* (2019) menjelaskan bahwa perendaman benih pada suhu tertentu dapat merangsang terjadinya imbibisi, yaitu proses penyerapan air secara pasif ke dalam jaringan benih melalui pori-pori akibat kemampuan senyawa selulosa dalam menyerap air.

Proses imbibisi berperan penting dalam meningkatkan permeabilitas benih, sehingga mendukung aktivasi proses metabolisme selama perkecambahan. Jumlah air yang diserap oleh benih dipengaruhi oleh komposisi kimia serta karakteristik morfologi benih, yang selanjutnya menentukan keberhasilan proses fisiologis pada tahap awal perkecambahan. Hal ini sejalan dengan penelitian Nasrul dan Fridayanti (2017), yang menyatakan bahwa perlakuan pencelupan benih sengon dalam air panas mampu mempercepat proses imbibisi. Suhu air yang digunakan berperan dalam meningkatkan kemampuan air untuk menembus kulit benih, sehingga mempercepat masuknya air ke dalam jaringan benih.

Jannah *et al.,* (2023) menyatakan bahwa air kelapa muda dapat dimanfaatkan sebagai ZPT alami yang berpotensi mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan. Hal tersebut disebabkan oleh kandungan fitohormon di dalamnya, seperti sitokinin, auksin, dan giberelin, serta berbagai senyawa organik yang berperan dalam mengatur aktivitas fisiologis tanaman dan merangsang proses pertumbuhan.

Kandungan hormon pertumbuhan yang terdapat dalam air kelapa muda berpotensi membantu proses pematahan dormansi benih. Salah satu fitohormon yang memiliki peran penting dalam mekanisme tersebut adalah giberelin. Hasnunidah *et al.,* (2016) menyatakan bahwa giberelin mampu mengatasi dormansi benih melalui mekanisme pemanjangan sel, sehingga memungkinkan radikula menembus lapisan endosperma dan kulit benih yang sebelumnya menjadi penghambat pertumbuhan. Selain itu, giberelin juga berinteraksi dengan sitokinin dalam merangsang pembentukan enzim amilase yang berperan dalam menghidrolisis pati menjadi sumber energi untuk mendukung perkembangan sel. Asra *et al.,* (2020) menjelaskan bahwa auksin juga berperan dalam meningkatkan aktivitas metabolisme dan reaksi biokimia di dalam benih, termasuk mendukung percepatan proses imbibisi. Peningkatan aktivitas imbibisi tersebut selanjutnya dapat berkontribusi terhadap peningkatan nilai indeks vigor benih.

Kesimpulan

Aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) alami terbukti memberikan respons terhadap peningkatan viabilitas benih delima merah (*Punica granatum* L.). Perlakuan kombinasi skarifikasi menggunakan air panas dan perendaman dalam air kelapa muda berkonsentrasi 50% memberikan hasil paling optimal dibandingkan perlakuan lainnya. Kombinasi perlakuan tersebut mampu meningkatkan beberapa indikator viabilitas benih, meliputi daya kecambah, kecepatan berkecambah, dan panjang plumula.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada pihak Laboratorium Produksi Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi serta Satuan Pelayanan Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura (BPTPH) Wilayah V Tasikmalaya yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan fasilitas dalam mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

Adelina, E., Made, U., & Asyi'ah, S. (2019). Pengaruh suhu air panas dan lama perendaman giberelin terhadap pematahan dormansi palem putri (*Veitchia merrilli*). *Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Pertanian, 7*(6), 712–720. https://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/id/article/view/589

Aisyah, N., Jumar, & Heiriyani, T. (2020). Respons viabilitas benih padi (*Oryza sativa* L.) pada perendaman air kelapa muda. *Agroekotek, 3*(2), 8–14. https://doi.org/10.20527/agtview.v3i2.2149

Anliana, Sitorus, H. P., Harahap, F., &

Tambunan, M. I. H. (2024). Pengaruh perendaman air kelapa terhadap pematahan dormansi biji jagung. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology), 7*(2), 1327–1333. https://doi.org/10.30743/best.v7i2.10285

Asra, R., Samarlina, R. A., & Silalahi, M. (2020). *Hormon tumbuhan*. UKI Press.

Bachtiar, B. (2017). Pengaruh skarifikasi dan pemberian hormon tumbuh terhadap perkecambahan benih aren (*Arenga pinnata* Merr.) di persemaian. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan, 8*(2), 37–44. https://doi.org/10.20956/jal.v8i16.2988

Darlina, Hasanudin, & Rahmatan, H. (2016). Pengaruh penyiraman air kelapa (*Cocos nucifera* L.) terhadap pertumbuhan vegetatif lada (*Piper nigrum* L.). https://doi.org/10.33387/tjp.v9i1.1681

Dethan, I. Y., Solle, H. R. L., & Hendrik, A. C. H. (2020). Pengaruh skarifikasi kimia terhadap perkecambahan benih jambu mete (*Anacardium occidentale* L.). *Jurnal Saintek Lahan Kering, 3*(2), 47–50. https://doi.org/10.32938/slk.v3i2.1224

Devitriano, D., & Syarifuddin, H. (2021). Penggunaan air kelapa muda sebagai zat pengatur tumbuh terhadap daya kecambah, vigoritas, dan berat kering biji tanaman kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, 21*(3), 949–[halaman akhir perlu dikonfirmasi]. https://doi.org/10.33087/jiubj.v21i3.1678

Elfianis, R., Putri, N., & Zam, S. I. (2023). Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman asam sulfat terhadap perkecambahan benih delima merah (*Punica granatum* L.). *Jurnal Agroteknologi, 14*(1), 25–[halaman akhir perlu dikonfirmasi]. https://doi.org/10.24014/ja.v14i1.17481

Harsono, N. A., Bayfurqon, F. M., & Azizah, E. (2021). Pengaruh periode simpan dan konsentrasi ekstrak bawang merah (*Allium cepa* L.) terhadap viabilitas dan vigor benih timun apel (*Cucumis* sp.). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 7*(5), 14–26. https://doi.org/10.5281/zenodo.5769611

Hasnunidah, N., & Suwandi, T. (2016). *Fisiologi tumbuhan*. Innosain.

Hidayat, T. R. S., & Marjani. (2018). Teknik pematahan dormansi untuk meningkatkan daya berkecambah dua aksesi benih yute (*Corchorus olitorius* L.). *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri, 9*(2), 73–81. https://doi.org/10.21082/btsm.v9n2.2017.73-81

Hidayatulah, M., Yudi, F., & Susilawati. (2019). Teknik skarifikasi percepatan dan peningkatan daya kecambah benih sengon buto (*Enterolobium cyclocarpum*). *Jurnal Hutan Tropis, 7*(1), 25–36. https://doi.org/10.20527/jht.v7i1.7286

Idrus, H. A., & Sa'Diyatul, F. (2021). Uji coba imbibisi pada kacang kedelai (*Glycine max*) dan kacang hijau (*Vigna radiata*). Dalam *Prosiding SEMNAS BIO 2021* (hlm. 710–716). https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/93

Irpandi, H., Zahanis, & Resigia, E. (2020). Pengaruh metode skarifikasi dan perendaman ZPT alami urin sapi terhadap perkecambahan benih tanaman pala (*Myristica fragrans* Houtt.). *Jurnal Embrio, 12*(1), 38–49.

Jannah, P., Palupi, T., & Purwaningsih. (2023). Pengaruh pemberian air kelapa muda terhadap perkecambahan dan vigor benih pinang yang telah diskarifikasi. *Jurnal Pertanian Agros, 25*(2), 1560–1566.

Kumar, R., Singh, S. K., & Sinha, S. K. (2012). Pengaruh perlakuan air panas terhadap perkecambahan biji dan pertumbuhan bibit *Coriandrum sativum* L. *International Journal of Research in Plant Science, 2*(2), 18–21.

Kurniati, F., Sudartini, T., & Hidayat, D. (2017). Aplikasi berbagai bahan ZPT alami untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw). *Jurnal Agro, 4*(1), 40–49. https://doi.org/10.15575/1307

Kusumawati, V. H. (2023). Uji antioksidan ekstrak dan formulasi sediaan krim tabir surya kulit delima putih (*Punica granatum* L.) dengan metode DPPH dan penentuan nilai SPF. *Jurnal Medika Nusantara, 1*(4), 228–246. https://doi.org/10.59680/medika.v1i4.625

Marfirani, M., Rahayu, Y. S., & Ratnasari, E. (2014). Pengaruh pemberian berbagai konsentrasi filtrat umbi bawang merah dan *Rootone-F* terhadap pertumbuhan stek melati 'Rato Ebu'. *LenteraBio, 3*(1), 73–76. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/7093

Melasari, N., Suharsi, T. K., & Qadir, A. (2018).

Penentuan metode pematahan dormansi benih kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) aksesi Cilacap. *Buletin Agrohorti, 6*(1), 59–67. https://doi.org/10.29244/agrob.v6i1.16824

Mulyani, R., & Setiawan, H. (2019). Dormansi dan perlakuan awal benih dalam proses perkecambahan. *Jurnal Agroteknologi dan Agribisnis, 2*(3), 76–81.

Nasrul, N., & Fridayanti, N. (2018). Pengaruh lama perendaman dan suhu air terhadap pemecahan dormansi benih sengon (*Paraseriathes falcataria* (L.) Nielsen). *Jurnal Agrium, 11*(2), 129–134. https://doi.org/10.29103/agrium.v11i2.618

Nova, L. S., Ratna, R. L., & Asil, B. (2017). Respons pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) pada konsentrasi air kelapa dan lama perendaman umbi. *Jurnal Agroteknologi, 5*(1), 17–26. https://doi.org/10.32734/jaet.v5i1.14069

Oci, Y., & Dewi, K. K. (2014). *Khasiat ajaib delima*. Padi.

Octaviani, D., Hasibuan, S., & Ningsih, S. S. (2024). Pemecahan benih asam jawa (*Tamarindus indica* L.) dengan metode skarifikasi dan perendaman air panas. *[Nama jurnal belum terkonfirmasi], 7*(2), 1635–1641.

Olmez, Z., & Temel, F. (2007). Effects of sulphuric acid and cold stratification pretreatments on germination of pomegranate (*Punica granatum* L.) seeds. *Asian Journal of Plant Sciences, 6*(2), 427–430. https://doi.org/10.3923/ajps.2007.427.430

Putri, A. A. K. (2020). *Pengaruh perendaman air kelapa terhadap daya tumbuh benih kopi Arabika varietas USDA 762* [Laporan akhir, Politeknik Negeri Jember].

Saragih, D. R. S., Ompusunggu, H. E. S., & Sihombing, J. R. (2026). Aktivitas antioksidan sari buah delima (*Punica granatum* L.) pada beberapa durasi penyimpanan dengan menggunakan metode DPPH. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan Indonesia, 6*(2), 218–228. https://doi.org/10.55606/jikki.v6i2.10840

Sekoh, R., Tumbelaka, S., & Lumingkewas, A. M. W. (2021). Kajian mutu benih tanaman jagung pulut (*Zea mays ceratina* L.) di Kabupaten Bolaang Mongondow. *Cocos, 2*(2). https://doi.org/10.35791/cocos.v2i2.32448

Srimaulinda, Nurtjahja, K., & Riyanto. (2021). Pengaruh konsentrasi air kelapa dan air cucian beras serta lama perendaman terhadap perkecambahan benih kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA), 3*(2), 62–72. https://doi.org/10.31289/jibioma.v3i2.751

Sudjijo. (2014). Sekilas tanaman delima dan manfaatnya. *IPTEK Hortikultura*. Balai Penelitian Buah Tropika.

Sukanto. (2025). Pengaruh konsentrasi air kelapa muda dan lama waktu perendaman terhadap viabilitas benih kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Biram Samtani Sains, 9*(1), 96–110. https://doi.org/10.55542/jbss.v9i1.1188

Syahri, R., & Haryati, G. J. (2015). Pengaruh perlakuan pematahan dormansi secara kimia terhadap viabilitas benih delima. *Jurnal Online Agroekoteknologi, 3*(2), 590–594. https://doi.org/10.32734/jaet.v3i2.10305

Wijayanto, B., Wartapa, A., & Hilmy. (2022). Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman air kelapa pada proses invigorasi terhadap viabilitas benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Penelitian Agronomi, 24*(2), 74–83. https://doi.org/10.20961/agsjpa.v24i2.63457

Wuryantini, S. (2020). *Mengenal buah subtropika: Delima*. Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika.

Yunefi, F., Yusuf, M., & Rafli, M. (2024). Perkecambahan benih kacang panjang (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) kedaluwarsa pada berbagai konsentrasi dan lama perendaman air kelapa. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi, 3*(3), 1–9. https://doi.org/10.29103/jimatek.v3i3.21044